

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
CENTRO SÓCIOECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

DANIEL GUARIENTI

O CRESCIMENTO ECONÔMICO E AS EMISSÕES DE CO₂:
Uma análise de regressão por MQO para o Brasil entre os anos 1995 e 2010

Florianópolis, 2014

DANIEL GUARIENTI

O CRESCIMENTO ECONÔMICO E AS EMISSÕES DE CO₂:

Uma análise de regressão por MQO para o Brasil entre os anos 1995 e 2010

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharelado.

Orientador: Prof. Dr. Gueibi Peres Souza

FLORIANÓPOLIS, 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota 9,0 ao aluno Daniel Guarienti na disciplina CNM 7107 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gueibi Peres Souza (Orientador)

Prof. Dr. Milton Biage (Membro)

Prof. Dr. Ronivaldo Steingraber (Membro)

*Aos meus pais, que sempre me
apoiam e com quem sei que
sempre poderei contar.*

“I think I could turn and live with animals, they are so
placid and self-contained,
I stand and look at them long and long.

They do not sweat and whine about their condition,
They do not lie awake in the dark and weep for their sins,
They do not make me sick discussing their duty to God,
Not one is dissatisfied, not one is demented with the mania
of owning things,
Not one kneels to another, or to his kind that lived
thousands of years ago,
Not one is respectable or unhappy over the whole earth.”
Walt Whitman

“Felicidade é a certeza de que a nossa vida não está se
passando inutilmente.”
Érico Veríssimo

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer meus pais por todo apoio e motivação que recebi ao longo de toda minha vida, por terem possibilitado inúmeras oportunidades e por serem não apenas pais exemplares, mas também pessoas inspiradoras. Meu eterno obrigado.

Ao professor Gueibi Peres Souza agradeço pela excepcional orientação no decorrer deste trabalho, pela disponibilidade de tempo e paciência. A realização deste trabalho só foi possível graças a seus conhecimentos e talento como professor. Agradeço também a todos os demais professores do departamento de Ciências Econômicas da UFSC.

A todos os amigos que fiz no decorrer dos anos que moro em Florianópolis, colegas de curso e pessoas que conheci por outras circunstâncias da vida. Muitos dos que conheci ao longo desses anos serão levados com toda certeza para a vida toda. Aos meus amigos de Itapiranga e também aqueles espalhados pelo Brasil. A amizade é um dos maiores bens que uma pessoa pode carregar.

E a todos que de uma forma ou outra cruzaram meu caminho ao longo dessa jornada.

RESUMO

O crescimento de uma economia é arduamente procurado pelo governo de um país, uma vez que este é capaz de trazer melhores condições de vida à população, melhores salários e uma maior oferta de bens. Tal crescimento está profundamente ligado ao meio ambiente onde esta economia está inserida. Provém do meio ambiente os recursos necessários para o crescimento econômico e destinam-se ao meio ambiente os dejetos provenientes deste crescimento. Considerando essa conexão entre o crescimento de uma economia e o meio ambiente, este trabalho consiste em um estudo sobre a relação entre o crescimento econômico brasileiro e as emissões de CO₂ no período de 1995 a 2010, bem como na relação entre as emissões de CO₂ e as variáveis componentes do PIB para o mesmo período. Para avaliar tal relação serão estimados modelos de regressão através da técnica dos Mínimos Quadrados Ordinários. Como resultado, observou-se para o período estudado o fato dos gastos do governo ser, entre as variáveis componentes do PIB, quem mais influencia sobre as emissões de CO₂.

Palavras-chave: Crescimento econômico, Emissões de CO₂, Mínimos Quadrados Ordinários.

ABSTRACT

The growth of an economy is arduously sought by a country's government, since it is able to bring better conditions of life to the population, higher wages and a greater supply of goods. This growth is closely tied to the environment where this economy is inserted. The resources needed for the economic growth come from the environment and the residues from such growth are destined to the environment. Considering the connection between the economic growth and the environment, this work consists in a study on the relationship between the Brazilian economic growth and CO₂ emissions in the period 1995-2010, as well as the relationship between CO₂ emissions and the components of GDP for the same period. To assess this relationship some regression models will be estimated using the Ordinary Least Squares technique. As a result, it was observed, for the studied period, that the government spending would be, among the components of GDP, the variable that influences the most on CO₂ emissions.

Key-words: Economic growth, CO₂ emissions, Ordinary Least Squares.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: \ln_PIB <i>per capita</i> x \ln_CO_2 <i>per capita</i>	32
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de regressão linear \ln_CO_2 x $\ln_PIB_per_capita$ (1982-2010).....	32
Figura 2: Modelo de regressão linear \ln_CO_2 <i>per capita</i> x $\ln_PIB_per_capita$ (1995-2010).	33
Figura 3: Modelo de regressão linear \ln_CO_2 x $XM; l_G$ (1995-2010).	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. PROBLEMA	13
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo Geral	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. JUSTIFICATIVA	14
1.4. METODOLOGIA.....	14
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. REVISÃO TEÓRICA	17
2.1. O ENFOQUE AMBIENTAL NA ECONOMIA.....	17
2.2. ECONOMIA NEOCLÁSSICA AMBIENTAL	17
2.3. VALORAÇÃO AMBIENTAL	19
2.4. ECONOMIA ECOLÓGICA	22
2.5. A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL	24
2.6. ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL E AMBIENTAL	27
2.7. A ECONOMIA E O MEIO AMBIENTE.....	28
2.8. CONCEITOS ECONOMETRÍCOS	29
2.8.1. O método dos Mínimos Quadrados Ordinários	29
3. RESULTADOS	31
3.1. DADOS E MODELOS ECONOMETRÍCOS.....	31
3.2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS	31
3.3. A RELAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES DE CO ₂ E AS VARIÁVEIS COMPONENTES DO PIB	35
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
4.1. CONCLUSÃO.....	37
4.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	39
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICES	46
ANEXOS	60

1. INTRODUÇÃO

Sendo comumente retratado sob a visão do PIB, o crescimento econômico é capaz de proporcionar melhores salários e melhores condições de vida à população de um país, logo uma economia busca estar em constante crescimento. Se de um determinado período para outro o PIB de uma economia cresceu, diz-se que essa economia passou por um momento de expansão, ou então, crescimento econômico. De acordo com Blanchard (1999, p. 38), o PIB é uma variável composta por outros fatores econômicos. Os determinantes do PIB seriam, portanto, o Consumo, o Investimento, os Gastos do governo e as Exportações líquidas.

Conforme estudo realizado por Cunha e Scalco (2013) para os anos 1980 a 2006, o crescimento econômico proporcionou ao brasileiro uma maior oferta de bens e serviços. No entanto, para os mesmos autores, esse crescimento também fez com que houvesse um aumento no consumo de energia de diversas formas da matriz energética brasileira. Com base em dados do Ministério de Minas e Energia do Brasil (MME) do ano de 2007, eles ainda destacam que entre os anos de 1970 e 2004 houve no Brasil um aumento do consumo de energia de 208% e junto ao aumento de atividades industriais e aumento da frota de veículos automotores, houve também um aumento no uso de combustíveis fósseis. Ao final de 2004 43,2% do consumo final de energia vinha de fontes derivadas do petróleo.

Durante a década de 70 comumente se relacionava os problemas ambientais como consequência do crescimento econômico de um país (FONSECA; RIBEIRO, 2004). Se tratava, de acordo com os mesmos autores, no entanto, de uma ideia que ignorava outros fatores da sociedade, tal como o desenvolvimento educacional, avanço das tecnologias e ainda políticas de proteção ambiental, fatores que acompanhavam o desenvolvimento econômico e que eram capazes de amenizar os problemas ambientais por esse causado. Ainda por Fonseca e Ribeiro (2004) é preciso buscar saber então se há uma relação de *trade-off* entre o crescimento de uma economia e o nível de poluição existente nela, ou ainda, de forma mais ampla, se é possível alcançar um “amadurecimento” de uma economia sem que seja necessário ter como moeda de troca a degradação do meio ambiente.

De acordo com Carvalho e Almeida (2008), com a introdução do Relatório *Brundtland* (relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), a partir do ano de 1987 foi apresentada a ideia de desenvolvimento sustentável, aquele que seria capaz de atender às necessidades atuais da economia, mas sem comprometer as necessidades futuras.

Este seria, portanto, um desenvolvimento capaz de atingir um estágio de sustentabilidade sem, no entanto, que se façam necessárias mudanças de ordem significativa no sistema econômico. Um desenvolvimento, como traz Montibeller-Filho (2001, p. 47), que seja capaz de integrar a conservação da natureza e o crescimento da economia, que satisfaça as necessidades humanas, que persiga a equidade e justiça social, que busque a autodeterminação social e respeite a diversidade cultural e, por fim, que mantenha a integridade ecológica.

Em estudo elaborado por Montibeller-Filho (2007), o mesmo aponta que principalmente após o século XX a economia é caracterizada como uma das maiores “vilãs” do meio ambiente. O autor aponta que uma das razões para isso é a contraposição das leis que regem a economia para com as leis que regem o meio ambiente. Do crescimento da economia incorre o aumento de poluição, a degradação e, em longo prazo, o esgotamento de recursos ambientais. Porém, quando a economia se encontra em retração, as atividades econômicas continuam por prejudicar o meio ambiente.

Em decorrência dos efeitos que sua grande emissão causa, o CO₂ é comumente colocado como um dos grandes causadores e aceleradores do aquecimento global (MOLION, 2008). Ao redor de todo o globo há uma crescente emissão dos gases do efeito estufa, o que gera uma também crescente preocupação por parte de inúmeros governos, sociedades privadas e da população geral (CARVALHO; ALMEIDA, 2008).

Em conformidade com Fonseca e Ribeiro (2004), foram os americanos Grossman e Krueger, no ano de 1991, os responsáveis por um estudo avaliando a relação entre a poluição do meio ambiente e o crescimento econômico que levou, por fim, ao surgimento de uma série de outras pesquisas sobre o tema, onde em alguns desses casos foram encontrados, através de análises de regressão, curvas em formatos de “U” invertido. Essa curva teria sua explicação pautada na ideia de que em um primeiro momento, o crescimento econômico traria externalidades negativas à qualidade do meio ambiente, porém essa situação se reverteria com o advento da economia, ou seja, as degradações ambientais tenderiam a diminuir com o contínuo desenvolvimento da economia (HERVIEUX; DARNÉ, 2014).

Originalmente, o economista russo Simon Smith Kuznets em estudo realizado no ano de 1955 observou que nos Estados Unidos, Alemanha e Grã-Bretanha, a relação entre o crescimento econômico e a distribuição de renda pessoal formava uma curva em “U invertido” (ARRAES; DINIZ; DINIZ, 2006). Devido à similaridade comportamental com o

estudo realizado por Kuznets (1955), Fonseca e Ribeiro (2004) argumentam que os estudos que encontraram essa curva em formato de U invertido para o crescimento econômico e a degradação ambiental, forma denominados de Curva de Kuznets Ambiental.

Ao olharmos o caso brasileiro, percebe-se a relevância da análise da intensidade das emissões de CO₂ da economia brasileira. Ao comparar o Brasil com outros países desenvolvidos, verifica-se que o país é autor do maior aumento das emissões de gases do efeito estufa, em especial o CO₂, entre os anos de 1970 e 1989. Neste período, observou-se no país um crescimento de 22% de emissões per capita (HILGEMBERT; GUILHOTO, 2006).

1.1. PROBLEMA

Buscando explorar esta presumida relação de causa e efeito entre as emissões de CO₂ e as variáveis componentes do PIB brasileiro para um período compreendendo os anos de 1995 ao ano de 2010, este trabalho estimará uma equação visando responder a seguinte pergunta: como se comportam as emissões de CO₂ em relação ao nível de PIB *per capita* e qual das variáveis componentes do PIB exerce maior influência sobre as emissões de CO₂ dentro do período estudado?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Esse trabalho de monografia tem como objetivo principal demonstrar a relação existente entre o crescimento econômico e os impactos ambientais, aqui apresentados pelo aumento das emissões do gás CO₂. Com isso o trabalho busca contribuir para a discussão acerca dos efeitos causados ao meio ambiente pela busca por um crescimento econômico acelerado e pela estabilização da economia (ausência de pressão inflacionária).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Definir quais as *próxis* a serem usadas para a representar os componentes do PIB;

- Estimar os modelos de regressão, através do método dos Mínimos Quadrados Ordinários, explorando os resultados obtidos que mensurarão o grau de relacionamento presumido entre o PIB *per capita* e as emissões de CO₂ *per capita* no referido período em análise;

1.3. JUSTIFICATIVA

A questão ambiental está presente em diversos setores de nosso dia a dia. Ela influencia decisões empresariais, políticas de governo e também decisões comportamentais pessoais. Sabe-se que muitos países atualmente ainda apresentam desequilíbrios entre o crescimento econômico e a preservação do meio ambiente. Como evidência dessa questão, é possível apresentar o caso chinês. O crescimento chinês causa malefícios ao ecossistema do país. Segundo notícia do portal *online* da revista EXAME de 2014, cerca de 60% das águas subterrâneas da China estão poluídas, sendo 43,9% destas consideradas como relativamente pobres (porém aptas ao consumo após sofrerem o tratamento adequado) e 15,7% das águas subterrâneas consideradas como muito ruim, ou seja, impróprias para o consumo.

Trabalhos que abordem o tema de crescimento econômico e a degradação ambiental se mostram pertinentes uma vez que exploram as possíveis consequências ao meio ambiente decorrente do crescimento de uma economia e, com isso, possibilitam a ampliação de informações que devem ser consideradas em um planejamento estratégico de médio e longo prazo para um país. Estes estudos também podem servir a empresas que busquem um crescimento econômico de forma ecologicamente correta e limpa. Podem, também, se tornar ferramentas de uso político, uma vez que podem vir a nortear políticas que visem balancear o desenvolvimento econômico com a questão ambiental, visando com isso o crescimento econômico, porém sem que haja como contrapartida uma exacerbada degradação do meio ambiente.

1.4. METODOLOGIA

O problema de pesquisa apresentado neste trabalho será tratado tanto de forma quantitativa quanto de forma qualitativa. As análises quantitativas serão usadas para fundamentar e ampliar a cientificidade das análises de ordem qualitativa.

Este trabalho pode ser caracterizado, portanto, como uma pesquisa bibliográfica. De acordo com Gil (2002, p.59), uma pesquisa de cunho bibliográfico é uma pesquisa que faz uso de fontes referenciais oriundas de livros e publicações periódicas, tais como jornais e revistas científicas.

Para Macedo

A pesquisa bibliográfica é a busca de informações bibliográficas, seleção de documento que se relacionam com o problema de pesquisa (livros, verbetes de enciclopédia, artigos de revistas, trabalhos de congressos, teses, etc.) e respectivo fichamento das referências para que sejam posteriormente utilizadas (na identificação do material referenciado ou na bibliografia final). Trata-se do primeiro passo em qualquer tipo de pesquisa científica, com o fim de revisar a literatura existente e não redundar o tema de estudo ou experimentação (MACEDO, 1994, p.13).

O levantamento de informações deste trabalho se dará fortemente baseada em artigos científicos de periódicos disponíveis principalmente em plataformas *online*. Os dados que fomentarão as análises quantitativas serão as emissões de CO₂ per capita para o país, dado obtido através de banco de dados fornecidos pelo Banco Mundial. Além do CO₂ per capita, outros dados que farão parte das análises quantitativas deste trabalho são os dados que representam os formadores do PIB. Determinar-se-á as variáveis a serem consideradas com base em informações colhidas em Blanchard (1999, p. 38), que determina o PIB como uma variável composta pelo Consumo, Investimento, Gastos do governo e Exportações líquidas. Os dados serão posteriormente trabalhados com o *software* Gretl, onde, através do mesmo, será estimado o modelo de regressão linear utilizando a metodologia de Mínimos Quadrados Ordinários, MQO. O *software* utilizado para as análises quantitativas deste trabalho pode ser adquirido de forma gratuita através do endereço <http://gretl.sourceforge.net>.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo é composto por quatro capítulos distintos, além do conteúdo pré-textual, ou seja, aquele presente antes do primeiro capítulo deste trabalho e do conteúdo pós-textual, composto pelos anexos e apêndices, presentes para complementar as informações deste trabalho.

O capítulo 1, como apresentado acima, discorre acerca do tema proposto, o problema abordado por este trabalho, juntamente com os objetivos que o trabalho se propõe a alcançar.

Em complemento a isso, apresentou-se a metodologia a ser utilizada como, também, a justificativa e motivação para a escolha do tema e elaboração do trabalho.

O segundo capítulo traz uma revisão literária acerca do tema proposto. Os conceitos e ideias necessárias ao desenvolvimento do trabalho. Buscou-se neste capítulo embasar teoricamente a análise proposta.

No capítulo 3 são apresentados os dados coletados e os resultados obtidos após os dados serem trabalhados dentro da metodologia sugerida, apresentando o modelo econométrico encontrado.

Por fim, no quarto e último capítulo, busca-se concluir o tema, resumindo os pontos tratados na pesquisa. Apresentam-se as conclusões que puderam ser retiradas dos resultados obtidos no capítulo anterior, além de sugestões de trabalhos futuros dentro da temática aqui tratada.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. O ENFOQUE AMBIENTAL NA ECONOMIA

A atividade econômica, a qualidade de vida dos seres e o bom funcionamento das sociedades humanas são extremamente dependentes dos bens e serviços provenientes do meio ambiente. Portanto, é imprescindível que a teoria econômica esteja apta a traçar uma conexão entre os sistemas econômicos e o meio externo onde eles estão inseridos, procurando com isso entender a dinâmica existente entre os processos naturais e os impactos das atividades humanas sobre os sistemas ambientais (ANDRADE, 2008). Neste capítulo serão apresentados os enfoques mais tradicionais no que concerne a teorias econômicas que tratam da relação entre economia e o meio ambiente, trazendo uma contextualização dessas teorias.

2.2. ECONOMIA NEOCLÁSSICA AMBIENTAL

A corrente de pensamento da economia neoclássica ambiental, como o nome sugere, provém do *mainstream* neoclássico. Romeiro (2003) aponta que, para esta corrente, os recursos naturais não são representantes, em longo prazo, de um limitante a expansão da economia. Ao contrário, como sugere o autor, os recursos naturais inicialmente não eram demonstrados em suas representações analíticas da realidade econômica, ponto perceptível na representação da função de produção, onde os determinantes da produção eram o capital e o trabalho. A questão ambiental seria uma externalidade e como tal deveria ser corrigida.

Andrade (2008) aponta que a incorporação da análise ambiental dentro da teoria neoclássica se deu fortemente devido à pressão sofrida pelo *mainstream* econômico quanto às considerações acerca da problemática ambiental, uma vez que o sistema econômico é visto como uma grande fonte de pressão sobre o meio ambiente. Como o autor assinala, a ideia de que o meio ambiente é uma via de duas mãos, ou seja, um fornecedor de materiais e também um receptor de resíduos criados pela sociedade, fez com que a teoria econômica se preocupasse com temas referentes a escassez de recursos naturais e a poluição gerada pelos sistemas econômicos. Desse ponto, a teoria neoclássica ambiental tomou dois rumos, a teoria da poluição e a teoria dos recursos naturais.

A teoria da poluição pode ser apontada como o ramo mais importante da teoria neoclássica ambiental e possui como substrato a teoria do bem-estar e dos bens públicos (ANDRADE, 2008). De acordo com o autor, essa teoria aponta o meio ambiente como um bem público cuja função é a de receptor de rejeitos, considerando então a poluição como uma externalidade negativa. Esse ramo da teoria busca também apontar os benefícios que possam provir da adoção de mecanismos de controle de poluição. O autor aponta ainda que a economia da poluição tenta apreender as implicações da poluição na geração da eficiência de Pareto.

Ainda de acordo com Andrade, o fato das externalidades existirem faz com que haja uma divergência entre os custos sociais marginais e os custos privados marginais, que acaba por levar a um distanciamento da quantidade social ótima da quantidade privada ótima. Tal conjuntura seria caracterizada como uma falha de mercado, uma vez que a solução convencional via mercado não é satisfatória para gerar o ótimo social. Para corrigir esta falha seria necessária a implantação de mecanismos institucionais de controle, como, por exemplo, a taxação e direito a poluição, mecanismo capaz de proporcionar a internalização das externalidades no cálculo econômico.

Por outro lado, a teoria da economia dos recursos naturais trata o meio ambiente como o provedor de recursos naturais ao sistema econômico (ANDRADE, 2008). Essa corrente da teoria neoclássica ambiental se propõe a responder questões referentes ao nível ótimo de uso dos recursos naturais, qual o manejo adequado dos recursos não renováveis e qual a taxa de redução dos recursos não renováveis. Porém, como aponta o autor, o núcleo do questionamento dessa ramificação da teoria econômica neoclássica ambiental diz respeito ao caráter finito dos recursos ambientais e se este tem possibilidade de se tornar um obstáculo ao crescimento econômico ou não.

A economia dos recursos naturais expõe os valores que tais recursos podem atingir caso sejam explorados no presente ou preservados, podendo causar a elevação de seus valores (MACHADO; KLEIN; OLIVEIRA, 2010). Portanto, como os autores destacam, a escassez de um recurso eleva o preço de um produto e sua extração futura pode causar o aumento da expectativa do valor. Logo, procura-se apontar períodos de melhor extração de um recurso visando maiores ganhos.

Ao tratar o meio ambiente como um agente receptor de resíduos dos processos econômicos e como provedor de recursos à economia, as teorias de poluição e dos recursos

naturais não apresentam uma visão ampla sobre a problemática ambiental, na medida em que não são capazes de oferecer uma análise integrada sobre os impactos que o sistema econômico incorre ao meio ambiente (ANDRADE, 2008). Como coloca o autor, a economia dos recursos naturais traça a determinação de extração de recursos tendo como contrapartida o uso de uma taxa de desconto, a qual não reflete os interesses de gerações futuras.

Faz parte ainda da corrente ambiental neoclássica, o conceito de valoração ambiental. Segundo Amazonas (2009), os valores ambientais são externos aos valores econômicos expressos monetariamente pelo mercado ou instituições econômicas, mas sim valores pertencentes ao conjunto dos valores humanos, valores sociais. Como tais, os valores ambientais embora não sejam valores econômicos em sentido estrito, podem possuir dimensão econômica. Como exposto pelo autor, a valoração econômica ambiental identifica a dimensão econômica dos valores sociais não econômicos que sejam relativos ao ambiente, para que esses valores possam ser internalizados no processo econômico.

2.3. VALORAÇÃO AMBIENTAL

A valoração monetária dos recursos ambientais, sugerida pela economia neoclássica ambiental, provém da ideia que o preço dos bens econômicos não reflete o real valor do total dos recursos usados em sua produção, ou seja, há uma divergência entre os custos privados, assumidos pela empresa e os custos sociais, não assumidos pela empresa (MONTIBELLER-FILHO, 2001, p. 85). Sob ótica da economia neoclássica ambiental, decisões tomadas com base apenas nos custos privados, ou seja, que assumam para os recursos naturais um custo igual a zero, fazem com que a demanda por este recurso ambiental de custo zero fique acima do nível de eficiência econômica, o que pode levar a exaustão e a degradação total deste recurso (MARQUES; COMUNE, 1995).

Como segue Montibeller-Filho (2001), a valoração monetária do meio ambiente representa ao pensamento neoclássico a possibilidade de internalizar os custos sociais que representam o meio ambiente, ou seja, transformar os custos sociais em custos privados. Internalizar estes custos significa computá-los e imputá-los ao seu responsável econômico, a constituição de um mercado ecologicamente ampliado.

A valoração ambiental é, portanto, um ferramental para a gestão ambiental e a gestão dos riscos de empreendimentos por oferecer parâmetros para a estimativa dos custos atrelados às

funções dos recursos naturais e seus serviços (COSTA, 2012). Um exemplo é o da ocorrência de um derramamento de óleo, onde é possível serem avaliados os custos referentes as perdas dos serviços ambientais, como a provisão de recursos pesqueiros, recreação e outros.

A estimação do valor econômico de um recurso ambiental, tal como colocado por Seroa da Motta (1997), equivale à determinação do valor monetário deste recurso em relação a outros bens e serviços disponíveis na economia. Em outras palavras, como exposto por Costa (2012), as metodologias de valoração ambiental, permitem que o valor dos serviços do meio ambiente e a variação do bem-estar social proveniente da deterioração do meio ambiente, ou ainda total inutilização, sejam quantificados, aferindo a contribuição do recurso para o bem-estar social e favorecendo os processos de tomada de decisão ao estimar sua correspondência a outros recursos econômicos.

A valoração ambiental pode ser usada (I) para elaborar uma avaliação sobre a contribuição total que os ecossistemas exercem sobre o bem-estar, (II) mensurar os incentivos que os tomadores de decisão levam em consideração para a gestão de ecossistemas e (III) para a avaliação das consequências de implantação de medidas alternativas às existentes (COSTA, 2012). Portanto, como a autora destaca, quando a valoração econômica é administrada de forma apropriada, “seus resultados podem oferecer informações relevantes sobre a contribuição dos serviços ambientais nas atividades econômicas e no bem-estar, bem como do impacto das alterações em seus níveis de base” (COSTA, 2012, p. 107).

Mota *et al* (2010) distinguem quatro limitações a valoração ambiental tendo como base a teoria econômica neoclássica. Na primeira os autores apontam que a valoração ambiental faz uso de uma metodologia que requer a existência de informações sobre os benefícios da existência da diversidade biológica e os custos de sua perda. A incerteza acerca das consequências das escolhas, principalmente quando estas estão relacionadas ao futuro, interfere no ordenamento das preferências nas pesquisas.

A segunda limitação assinalada pelos autores diz respeito ao nível de agregação dos ecossistemas e o tipo de avaliação necessária, ou seja, se há a necessidade de avaliar cada espécie ou considerar o ecossistema como um todo. A terceira barreira é referente aos problemas de decisão intertemporal, uma vez que os instrumentos de valoração requerem um valor presente. Tal problemática deriva do fato de que os benefícios da exploração ambiental, através de seus recursos naturais e os custos incertos da destruição dos biomas, descontados a

uma determinada taxa, tendem normalmente a favorecer as gerações presentes em detrimento das gerações futuras.

Por fim, a quarta limitação que os autores apontam está relacionada ao grau de arbitrariedade associado à associação de preferências dos indivíduos na sociedade. Atribui-se a problemática de estipular pesos nos benefícios e custos da exploração dos recursos naturais aos agentes envolvidos e os critérios a serem adotados nestas questões.

O Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) equivale ao valor monetário dos recursos ambientais em relação a outros bens (COSTA, 2012). Na situação de análise das perdas incididas devido tanto pela alteração da qualidade ou da quantidade do recurso ambiental, esse valor representa o valor das externalidades que determinada atividade ocasionou. O VERA pode ser desmembrado em valor de uso e valor de não uso.

Como continua Costa, o valor de uso diz respeito ao valor que os indivíduos infligem a um recurso natural por seu uso num momento presente ou por seu potencial uso no futuro. Este é ainda subdividido em valor de uso direto, indireto e valor de opção. Já o valor de não uso refere-se ao valor dissociado do uso, expressa, portanto, o valor existência do recurso sem que haja uso deste, seja de forma direta quanto de forma indireta. Este valor é um representando da satisfação de saber que tal recurso existe.

Autores como Pearce e Moran (1994) levantam, no entanto, a ideia de que o VERA não é suficientemente capaz de captar todo o valor econômico de um recurso ambiental. Para os autores, o VERA não é apto a captar o valor intrínseco de um ecossistema, ou seja, um valor não associado ao bem-estar humano. Além disso, os autores apontam que o valor total de determinado ecossistema ou processo ecológico ultrapassa o somatório dos valores das funções individuais devido à existência de valores subjacentes dos sistemas ecológicos que são anteriores às funções ecológicas.

Costa (2012) expõe que o valor de uso atual representa a assimilação direta e indireta dos bens e serviços ambientais disponibilizados pela natureza, incluindo a utilidade da natureza quanto fonte de matéria-prima, recreação e outros serviços prestados de forma indireta. Os valores de opção ou, então, valores de uso futuro, consideram a possibilidade de extinção de tais recursos naturais que poderiam ser utilizados de forma direta ou indireta no futuro. Há ainda outros autores, como Freeman (2003), que definem valor de opção como um valor que

se está disposto a pagar para que seja garantido seu uso no futuro, independentemente desse uso se tornar real.

Os métodos utilizados para a valoração de recursos naturais são divididos por Mota *et al* (2010) em seis diferentes metodologias. Métodos baseados no mercado de bens substitutos, métodos de preferência revelada, método da preferência declarada, método de função efeito, método multicritério e método da valoração do balanço dos fluxos de matéria e energia. Enquanto isso, outros autores definem os métodos como diretos e indiretos. Seroa da Motta (1997) faz sua classificação em métodos da função de produção e métodos da função de demanda. E ainda, outros autores, como DeFries e Pagiola (2005), definem em métodos da preferência revelada, declarada e outros métodos.

DeFries e Pagiola (2005) colocam que a valoração ambiental pode ser vista como um processo que envolve duas etapas. A primeira delas sendo a identificação dos serviços e bens que serão valorados, buscando compreender o entendimento de sua natureza, sua amplitude e a maneira como eles se comportam em decorrência de modificações no ecossistema, além de conhecer quem faz uso destes serviços, de que forma o faz, qual a finalidade deste uso e quais as suas alternativas. A segunda etapa do processo diz respeito à valoração em si, onde os impactos observados no ecossistema são quantificados em forma monetária.

Os serviços provenientes do meio ambiente, como traz Costa (2012), são todos os benefícios que a sociedade adquire e que sejam provenientes dos ecossistemas, podendo ser divididos em serviços de provisão, regulação, suporte e serviços culturais. A manutenção dos serviços provenientes dos ecossistemas é essencial à sociedade humana, uma vez que, além de fazer parte dos ecossistemas, é deles que os recursos utilizados para a manutenção do processo produtivo são retirados. Porém, como traz Peixoto (2011), a capacidade dos ecossistemas de prestarem serviços ambientais encontra-se em redução, agravada pela crescente demanda por esses serviços.

2.4. ECONOMIA ECOLÓGICA

A economia ecológica é outra corrente de pensamento econômico que procura fazer a conexão entre o meio ambiente e a economia. Essa corrente amplia o campo de análise ao colocar o sistema econômico como um sistema aberto, ou seja:

(...) a economia ecológica incorpora a análise econômica tradicional, mas entende que estas relações entre empresas e pessoas não podem ocorrer indefinidamente, uma vez que existem limites impostos pelos ecossistemas que afetam esta relação, como a extração de recursos naturais e a obtenção de energia necessária para a produção destes bens de consumo. Além disso, compreende que há limites na capacidade dos ecossistemas de absorverem os resíduos gerados pelo sistema econômico (TÔSTO; MANGABEIRA; PEREIRA, 2011).

Esse “ramo da economia” é relativamente recente, sendo formalmente estruturado em 1989 com a fundação da *International Society for Ecological Economics*, a ISEE (ANDRADE, 2008). O autor aponta que essa “ramificação” da economia começou a tomar forma no ano de 1987 em uma conferência em Barcelona, onde pesquisadores (tanto de campos da economia quanto das ciências naturais) expressaram suas insatisfações quanto ao potencial da teoria econômica neoclássica em explicar e propor soluções adequadas para problemas ambientais.

Os economistas ecológicos fazem algumas críticas a economia ambiental neoclássica, ao dizer que esta faz uma análise apenas parcial e por isso é incapaz de notar as diferenças nas inter-relações que se instituem na sociedade como um todo (LOYOLA, 1997). O autor ainda expõe que a principal crítica se concentra sobre as bases da economia ambiental neoclássica, seu *mainstream* e, para isso, os economistas ecológicos se apoiam na física.

A economia ecológica caracteriza-se também por ser um campo interdisciplinar do conhecimento, sendo caracterizado por análises integradas do sistema econômico e ecológico e pelo uso das leis físicas da termodinâmica, como a Lei de Conservação e Lei de Entropia, além de fluxos materiais e energéticos para análise do sistema econômico-ecológico (AMAZONAS, 2009). Andrade (2008) traz que a economia ecológica “vislumbra a economia como um subsistema de um ecossistema global maior – finito e materialmente fechado, embora aberto ao fluxo de energia solar –, o qual impõe limites ao crescimento físico do sistema econômico”.

Segundo May (1995), os economistas ecológicos invertem a ordem das preocupações vigentes da economia ambiental neoclássica, que faz sua análise começando pela questão da eficiência alocativa e, a partir daí, procura internalizar os custos ambientais e distributivos. Para a economia ecológica, a capacidade de suporte da Terra é de primordial importância para a definição dos limites de impacto das atividades humanas em uma escala ecologicamente sustentável, como coloca o autor.

Montibeller-Filho (2001) chama a atenção para o fato de que economistas ecológicos comumente consideram a sua vertente da economia como uma ciência da gestão de sustentabilidade. Essa visão procura entender como é possível incrementar a produção, mantendo a capacidade de produção sustentável. Segundo o autor, para os economistas ecológicos, o estado de sustentabilidade socioambiental de uma determinada economia deve ser estimado através de indicadores biofísicos, ou seja, que sejam capazes de incorporar considerações acerca da distribuição ecológica. Para a economia ecológica não existe, portanto, um indicador único que dispense todos os demais, tal como faz a economia neoclássica ambiental com seu indicador monetário. A distribuição ecológica dos recursos significa a alocação social, espacial e temporal no uso humano dos recursos e serviços ambientais.

Montibeller-Filho (2001) prossegue expondo que a sustentabilidade de determinada região não pode ser vista isolando-a de suas relações externas, é preciso que seja considerado o espaço ambiental, ou seja, a área geográfica da qual determinada economia se abastece de recursos e onde despeja suas emissões. A sustentabilidade é preciso que seja de todo o espaço ambiental e não compreender somente país ou região de forma isolada.

O autor expõe ainda seu conceito de desenvolvimento sustentável, aquele capaz de preservar a qualidade do meio ambiente. Também é necessário que esse desenvolvimento gere a recuperação das áreas degradadas pela extração de determinada bem proveniente da natureza, ou a compensação aceitável, bem como a compensação pelo uso de algum recurso não renovável, ou seja, que não esteja disponível para futuras gerações, fazendo isso através do pagamento de um preço ecologicamente correto, que incluiria também o valor dos serviços ambientais. E, por último, o desenvolvimento sustentável não emitiria cargas tóxicas que afetem o meio ambiente.

2.5. A CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL

Simon Smith Kuznets foi um economista de origem russa, naturalizado americano. Segundo Taques e Mazzutti (2009), Kuznets foi um dos pioneiros na elaboração de estudos que relacionassem a desigualdade de renda e o crescimento econômico. Os autores colocam ainda que a relação estabelecida por Kuznets ficou posteriormente conhecida na literatura como a hipótese do U-invertido de Kuznets, em alusão ao formato do gráfico oriundo dessa

relação. De acordo com Salvato et al (2006), a relação proposta por Kuznets mostra que, em estágios iniciais do crescimento econômico, há um crescimento da desigualdade de renda, mas, quando de um determinado nível de renda, a desigualdade passa a decrescer, porém o produto mantém sua ascensão.

Avila (2011) aponta que o conceito da curva de Kuznets teve suas primeiras demonstrações em estudos de ordem ambiental através dos trabalhos de Grossman e Krueger, de Shakif e Bandyopadhyay e de Panayotou, todos trabalhos do início dos anos 1990. Lucena (2005) indica que diversos autores sondaram essa relação e buscaram a curva que apontaria que, em momentos iniciais do desenvolvimento econômico, há uma crescente tensão ambiental, mas, ao se atingir um determinado nível de renda, essa tensão tenderia a se estabilizar e posteriormente decair. Grossman e Krueger foram os primeiros autores a apontar evidências de que a concentração de dois elementos poluentes tende a aumentar quando a sociedade possui níveis de renda mais baixos e diminui quando há um aumento do nível de renda. Contudo, essa relação entre emissões e nível de renda *per capita* passou a ter sua denominação usual através do trabalho desenvolvido em 1993 por Panayotou, quando passou a ser chamada de Curva de Kuznets Ambiental, ou CKA (AVILA, 2011).

O formato da curva para o caso ambiental pode ser explicado, como apontou Biage (2012), pelo processo de evolução de uma economia. Em fase inicial, a economia se encontra em um estágio agrícola, evoluindo ao longo dos anos para uma economia mais industrializada. Juntamente com o crescimento econômico vem a conscientização ambiental na sociedade em relação às consequências causadas pelo crescimento econômico. O estágio final da curva representa a desconexão entre o crescimento da economia e a pressão ambiental, uma vez que nesse estágio o crescimento econômico não implica na elevação dos níveis de degradação do meio ambiente.

Outra explicação para a fase descendente da curva pode ser dada pelo trabalho de Suri e Chapman (1998), que propõem que esta fase pode ser explicada pela importação de produtos de países mais pobres. Pelos autores, economias mais desenvolvidas preservam para si a produção de serviços e tecnologias da informação, enquanto tendem a transferir seus processos de produção intensivos em poluição para economias menos desenvolvidas. Logo, o crescimento de setores que são menos intensivos em recursos e poluição, juntamente com as melhorias técnicas e uma regulamentação ambiental mais intensiva, diminuem a imensidão de matéria gasta e rejeitos de produção. Seldon e Song (1994) explicam que a inversão da curva

pode se dar, também, em função da elasticidade renda positiva para qualidade ambiental, em outras palavras, com o aumento da renda, as pessoas passam a procurar uma maior qualidade ambiental para seu meio.

Como demonstrado por Avila (2011), os trabalhos que procuraram estimar a CKA foram, em um primeiro momento, bem-sucedidos, corroborando com a ideia da existência da curva em U invertido. Os diferentes trabalhos realizados apresentavam, no entanto, diferentes pontos de inflexão, contudo sustentavam a hipótese da relação descrita pela CKA. O autor expõe o trabalho realizado por Selden e Song em 1994, onde os pesquisadores, ao utilizarem quatro tipos de poluentes, encontraram evidências sobre a existência da CKA. Ainda por Avila, os autores utilizaram um modelo simples, usando como variáveis as emissões e o PIB em nível e ao quadrado. Para as emissões de SO₂ (dióxido de enxofre), Selden e Song encontraram um ponto de inflexão em \$ 8709,00, enquanto Panayotou, em estudo realizado um ano antes, havia encontrado, para as emissões do mesmo gás, um ponto de inflexão de \$ 3000,00. Os autores sugerem que o ponto de inflexão mais alto se deu devido ao fato de que, em seu estudo, os dados terem sido agrupados de forma global.

Diversos outros estudos surgiram posteriormente e que corroboravam com a hipótese apresentada pela CKA. Como apresentado por Sousa et al (2008), alguns exemplos desses trabalhos são os de Shakif, de 1994, Cole et al, de 1997, Hilton e Levinson, de 1998 e Arraes de 2006, onde cada autor dá sua explanação para o porquê do fenômeno acontecer.

Entretanto, muitos estudos não encontraram o resultado esperado postulado pela CKA, a partir desse momento começaram a surgir várias críticas à existência da curva. Avila (2011) aponta que muitos autores apoiam a tese de que a relação entre as emissões e a renda é somente uma relação empírica e, portanto, não é sustentável no longo prazo. Harbaugh, Levinson e Wilson (2001) fizeram uso da mesma base de dados utilizada por Grossman e Krueger (1995) e acrescentaram dez anos de dados, com isso chegaram a um resultado que refuta a hipótese da CKA. Com seu estudo, os autores concluem que a evidência para uma curva em formato de U invertido é menos robusta do que previamente imaginado. Segundo os autores, os pontos de inflexão são também muito sensíveis a qualquer variação nos dados e ao método econométrico utilizado, podendo fazer com que a curva em formato de U invertido desapareça com a inclusão de novas observações das variáveis utilizadas.

Outra crítica realizada a CKA é o fato da curva somente ter sido encontrada para alguns grupos de poluentes, especialmente aqueles considerados de impacto local e que possuam

baixo custo de controle. Outros poluentes, como os gases do efeito estufa, gases que envolvam custos ambientais dispersos e de longo prazo, não apresentam a formação da CKA. Portanto, não é possível generalizar a relação da CKA para todos os impactos que o homem exerce sobre a natureza (STERN, 2004).

2.6. ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL E AMBIENTAL

É realizado desde os anos 1990, estudos através da Organização das Nações Unidas, ONU, que avaliam o desempenho econômico e social de uma série de países, tal avaliação sendo proveniente de diferentes componentes do desenvolvimento e posteriormente sendo traduzido em um índice (MONTIBELLER-FILHO, 2001, p.150). Tal método, como continua Montibeller-Filho, apesar de extremamente útil ao ser capaz de medir a evolução relativa de uma sociedade do longo do tempo, é comumente alvo de críticas por não incluir em sua avaliação as questões ambientais.

O autor aponta que tal índice é apresentado sob duas facetas, o IDH e o IDS. O índice de desenvolvimento humano, IDH, é um índice considerado mais abrangente no que concerne a totalidade das variáveis que envolvem o desenvolvimento do ser humano. Ele considera, portanto, não somente as necessidades fundamentais e materiais do homem, mas também as condições de vida política, cultural e social. A outra variante do índice, o índice de desenvolvimento social, IDS, leva em conta em sua análise três dimensões básicas para o desenvolvimento humano, no caso (I) ter vida longa e saudável, (II) possibilidade de adquirir conhecimentos e (III) ter acesso a recursos que possibilitem uma vida digna. Como Montibeller-Filho expõe, esta é a forma mais usualmente divulgada do índice, comumente sendo exposta como o próprio IDH.

O autor segue demonstrando que o IDS de determinada região é feita pela escolha de indicadores para representar e captar a essência de cada dimensão. O indicador de saúde, representante da análise de vida longa, leva em consideração a esperança de vida ao nascer e a taxa de mortalidade infantil da região. O indicador de conhecimento, item (II) do parágrafo acima, leva em consideração as taxas de alfabetização e de escolaridade da região. Por fim, o indicador de renda, que representa o item (III) do parágrafo anterior, leva em consideração a renda *per capita* da população da região analisada.

Considerando o fato dos índices não levarem a questão ambiental em consideração em suas análises, Montibeller-Filho (2001) propõe a análise através de outro índice, que seja capaz de abordar este tema. Como o autor coloca, parte-se dos princípios do índice de desenvolvimento social, o IDS, em busca de alcançar o índice de desenvolvimento social e ambiental, o IDSA. Segundo o autor, a construção dos índices de desenvolvimento se dá através da média de índices parciais de cada indicador. Tal índice é capaz de revelar, tal como nas palavras do autor, “a posição relativa do caso observado entre o pior e o melhor situado no universo de casos pesquisados quanto ao indicador considerado”. O IDS é, portanto, a média dos índices calculados, sendo expresso em um valor entre 0 e 1, onde quanto mais próximo do valor 1, melhor a situação da região.

O índice de desenvolvimento social e ambiental, por outro lado, tal como o autor explica, é uma tentativa de extrapolar as considerações socioeconômicas expressas pelos índices anteriores, somando a eles as questões ambientais. Tal índice segue a mesma metodologia de cálculo do IDS. Para os indicadores ambientais, Montibeller-Filho fez uso da disponibilidade e consumo de água canalizada (tratada), preservação de área florestal e taxa de emissão de dióxido de carbono.

Para a composição do IDSA brasileiro, Montibeller-Filho (2001) encontrou para o Brasil um índice IDSA igual a 0,35 para o ano de 1990. Como o IDSA tem um comportamento similar ao IDS, ou seja, varia de zero a um, sendo o valor mais próximo de um o valor ideal, o índice brasileiro revela uma posição relativamente baixa para o país no que concerne ao desenvolvimento social, econômico e ambiental. Como prossegue o autor, o IDSA é de grande utilidade para que seja feita uma avaliação ao longo do tempo de determinada região. Tal possibilidade é de grande relevância, uma vez que o desenvolvimento econômico e social são processos longos e lentos. Então, resultados que apontam um aumento no índice significam evolução positiva da situação da economia estudada em relação a referências externas a elas.

2.7. A ECONOMIA E O MEIO AMBIENTE

Diversas são as teorias que apresentam uma relação entre o meio ambiente e a economia, sendo as mais tradicionais aquelas acima explanadas. Embora de forma essencialmente diversa, as teorias acima e seus ferramentais procuram todas trazer a importância do meio

ambiente para dentro da análise econômica, uma vez que é o meio ambiente o agente provedor de recursos, aquele capaz de manter em funcionamento a esfera de produção da economia.

Contudo há ainda outras teorias aqui não abordadas, tal como o Ecomarxismo que, de forma resumida, é uma corrente pautada na “segunda contradição do capitalismo”. Essa segunda contradição é provocada na relação entre o funcionamento da economia e seus custos externos e sociais de produção (custos sociais ecológicos, trabalhistas e econômicos). Os ecomarxistas fazem uma leitura da teoria do valor postulada por Marx, fundamentada no valor de troca. Assim, dão grande destaque para as contradições sociais do sistema socioeconômico capitalista, tecendo críticas às relações sociais homem-natureza e às relações de propriedade e meios de produção (MONTIBELLER-FILHO, 2001).

No capítulo 3 dessa monografia será tratada a relação entre economia e meio ambiente de uma maneira não comumente demonstrada pelas teorias expostas acima. Procura-se estabelecer qual das variáveis componentes do PIB exercem maior influência sobre as emissões de CO₂ dentro do país num período que compreende os anos 1995 e 2010. Para tal, far-se-á uso do método dos mínimos quadrados ordinários, brevemente explicado na sessão seguinte deste capítulo.

2.8. CONCEITOS ECONOMETRICOS

Para que seja possível alcançar o objetivo proposto por este trabalho, é necessário que haja a legitimação da metodologia econométrica utilizada, portanto é preciso situar os conceitos e processos aqui utilizados. Este trabalho propõe a estimação de um modelo de regressão com uma ou mais variáveis. Como exposto por Mannarelli Filho (2005), o modelo de regressão provê um modo para que seja possível a averiguação da relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas. Para a estimação dos modelos de regressão deste trabalho é feito uso do método econométrico dos mínimos quadrados ordinários.

2.8.1. O método dos Mínimos Quadrados Ordinários

O método econométrico usado neste trabalho, o método dos Mínimos Quadrados Ordinários, ou MQO, é, de acordo com Figueiredo Filho *et al* (2001), o método econométrico

habitualmente mais utilizado na ciência política contemporânea. O método possui essa denominação, pois minimiza os erros quadrados de estimação entre os valores observados inicialmente e os valores preditos, em outras palavras, o método minimiza os resíduos.

Gujarati (2006) determinou dez hipóteses básicas que precisam ser respeitadas de modo que um modelo de regressão linear a partir do método dos Mínimos Quadrados Ordinários seja considerado válido. As dez hipóteses são chamadas por Gujarati como “a pedra angular de boa parte da teoria econométrica”. São elas:

- a. O modelo de regressão é linear nos parâmetros. Essa hipótese garante que a variação de X em relação a Y é linear.
- b. Os valores de X são fixos em amostras repetidas. X é não estocástico. Uma análise de regressão é condicional aos valores dados dos regressores X .
- c. O valor médio do erro μ_i é igual a zero.
- d. Homocedasticidade ou variância igual a de μ_i , ou seja, dado o valor de X , μ_i possui a mesma variância para todas observações. Com a presença da homocedasticidade não há valores mais ou menos importantes dentro da amostra.
- e. Entre os termos de erro não há autocorrelação, não há autocorrelação residual, que se refere ao fato de perturbações que ocorreram em certo período de tempo afetarem as perturbações em outro período.
- f. A covariância entre o erro μ_i e a variável X é igual a zero, em outras palavras, o termo de erro μ e a variável explanatória X não estão correlacionados.
- g. O número de observações necessariamente precisa ser maior que o número de parâmetros a serem estimados pela regressão.
- h. Variabilidade dos valores das variáveis explicativas, ou seja, os valores X de uma determinada amostra não devem ser os mesmos. Caso todos os valores forem idênticos, então $X_i = \bar{X}$, o que impossibilitaria a estimação dos parâmetros β .
- i. Não há viés ou erro de especificação no modelo empregado na análise empírica.
- j. Não há multicolinearidade perfeita, inexistência de relações lineares perfeitas entre as variáveis explanatórias.

3. RESULTADOS

3.1. DADOS E MODELOS ECONOMETRICOS

Neste capítulo serão apresentados os dados coletados e os modelos estimados para a relação entre o crescimento do PIB *per capita* e as emissões de CO₂ no período aqui estudado. Os modelos foram estimados através do *software* Gretl¹, baseando-se na metodologia de estimação dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). O MQO permite que a reta de regressão estimada passe na mesma distância entre os pontos dos dados observados (GUJARATI, 2006).

A base de dados utilizada para a elaboração das regressões lineares foi composta pelas seguintes variáveis. PIB *per capita* poder paridade de compra (PPC), consumo final das famílias, saldo da balança comercial (FOB), despesas de execução financeira e formação bruta de capital, sendo estes indicadores extraídos do site do Ipeadata². A variável que será explicada pelas regressões, ou seja, a variável Y será as emissões de CO₂ *per capita* no período analisado, dado fornecido pelos indicadores do Banco Mundial³.

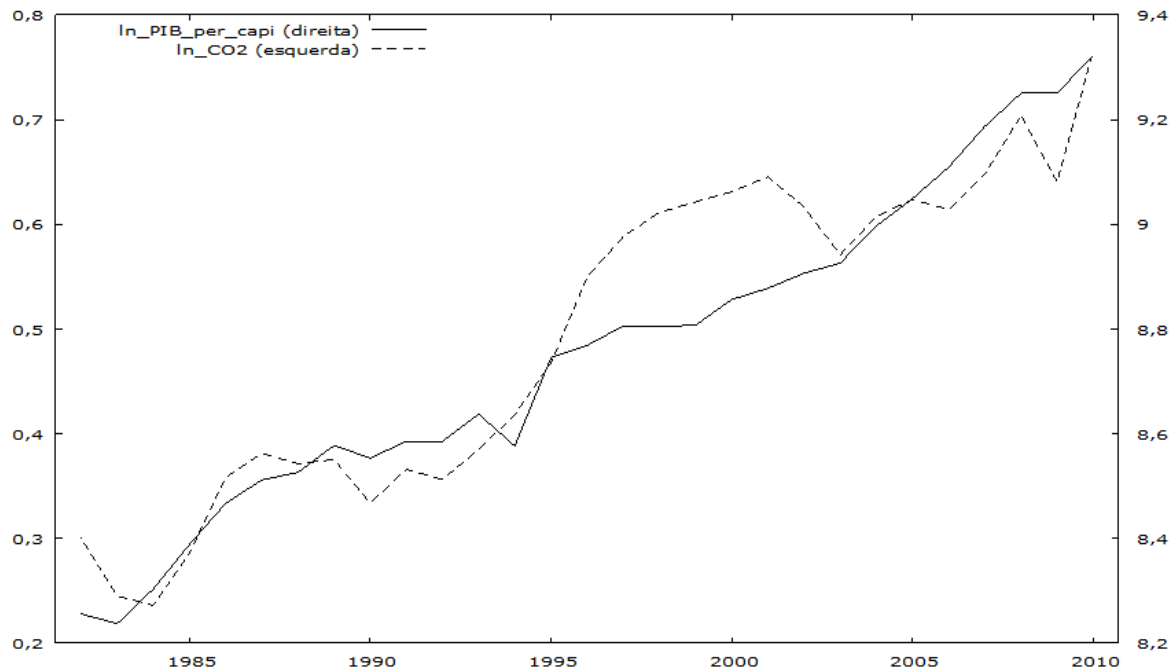
3.2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Para a elaboração dos modelos de regressão foi utilizada uma amostra de dados composta de dados anuais, do ano de 1982 a 2010 do Brasil. Os dados utilizados para a análise foram o PIB *per capita* e as emissões de CO₂ *per capita*, ambos podem ser encontrados no anexo A deste trabalho. Os dados estão cotados em unidades distintas, sendo o PIB *per capita* apresentado em dólares enquanto as emissões de CO₂ aparecem como toneladas *per capita*. No gráfico abaixo estão dispostos os dados acima mencionados.

¹ <http://gretl.sourceforge.net/>

² <http://www.ipeadata.gov.br/>

³ <http://data.worldbank.org/>

Gráfico 1: \ln_PIB per capita x \ln_CO_2 per capita.

Fonte: elaboração própria a partir de dados trabalhados pelo *software* Gretl.

Ao ser estimado o modelo de regressão através do *software*, percebe-se que o modelo apresentado possui 99% de confiança, como é possível ver na imagem abaixo:

Figura 1: Modelo de regressão linear \ln_CO_2 x \ln_PIB per capita (1982-2010).

Modelo 1: MQO, usando as observações 1982-2010 (T = 29)					
Variável dependente: \ln_CO_2					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-3,66332	0,294413	-12,4428	<0,00001	***
$\ln_PIB_per_capi$	0,474873	0,0336134	14,1275	<0,00001	***
Média var. dependente	0,493588	D.P. var. dependente		0,153706	
Soma resíd. quadrados	0,078827	E.P. da regressão		0,054032	
R-quadrado	0,880840	R-quadrado ajustado		0,876427	
F(1, 27)	199,5863	P-valor(F)		5,44e-14	
Log da verossimilhança	44,51390	Critério de Akaike		-85,02780	
Critério de Schwarz	-82,29320	Critério Hannan-Quinn		-84,17136	
rô	0,749001	Durbin-Watson		0,478199	

Fonte: Gretl.

O modelo passou em grande parte dos testes econométricos. Teste de não-linearidade (quadrados), teste RESET para especificação (apenas quadrados), teste de White para heteroscedasticidade, teste de normalidade dos resíduos e teste de autocorrelação. No entanto,

o modelo não passou no teste de Chow, que identificou falha estrutural na série de dados, algo que é possível ser visto no Gráfico 1 apresentado anteriormente. Tal falha estrutural pode ter sua explicação pautada no fato que durante os anos 1980 até início dos anos 1990 a economia brasileira se encontrava em grande desequilíbrio, em virtude da descontrolada inflação pela qual a economia brasileira passava nas últimas décadas. A inflação brasileira atingiu no ano de 1979 a casa dos 79,42% ao ano, escalando nos anos 80 e 90 para a chamada hiperinflação (FEBRABAN, 2008). Os testes em suas totalidades podem ser encontrados no apêndice A deste trabalho.

Com o objetivo de eliminar a falha estrutural presente no modelo, estimou-se novamente uma série de modelos abrangendo diferentes períodos. Por fim, após diversas tentativas, é estimado um modelo usando os dados do ano de 1995 até o ano de 2010. Este modelo, apresentado resumidamente na figura abaixo, passa enfim por todos os testes econométricos. Portanto, o modelo abaixo possui uma relação linear, especificação adequada, não possui heteroscedasticidade, seus erros possuem distribuição normal, é um modelo sem autocorrelação e, também, um modelo sem falha estrutural, ao contrário dos anteriores. Logo, um modelo válido. Os testes podem ser encontrados no apêndice B deste trabalho.

Figura 2: Modelo de regressão linear $\ln_CO_2 \text{ per capita}$ x $\ln_PIB_per_capita$ (1995-2010).

Modelo 1: MQO, usando as observações 1995-2010 (T = 16)					
Variável dependente: \ln_CO_2					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,64852	0,529262	-3,1148	0,00761	***
$\ln_PIB_per_capi$	0,252546	0,0589335	4,2853	0,00075	***
Média var. dependente	0,619019	D.P. var. dependente		0,064395	
Soma resíd. quadrados	0,026907	E.P. da regressão		0,043840	
R-quadrado	0,567415	R-quadrado ajustado		0,536516	
F(1, 14)	18,36355	P-valor(F)		0,000755	
Log da verossimilhança	28,40058	Critério de Akaike		-52,80117	
Critério de Schwarz	-51,25599	Critério Hannan-Quinn		-52,72204	
rô	0,259680	Durbin-Watson		1,098176	

Fonte: Gretl.

O modelo acima apresenta a relação entre as variáveis $\ln_CO_2 \text{ per capita}$ e $\ln_PIB_per_capita$, ou seja, a relação entre os logaritmos das variáveis que representam as emissões de $CO_2 \text{ per capita}$ e a variável que representa o crescimento econômico, medido

através do PIB *per capita*. Através da estimação do modelo, nota-se que o aumento de 1% do PIB *per capita* acarreta no aumento de 0,25% das emissões de CO₂ dentro do período de 1995 a 2010. Nota-se que esse modelo possui um R² igual a 0,567415, ou seja, 56,74% da variância de Y (emissões de CO₂) é explicada pela variância de X (PIB *per capita*) dentro deste modelo.

Tendo em vista que a elaboração de um modelo válido envolvendo o PIB *per capita* e as emissões de CO₂ *per capita* fora possível, procurou-se então estimar qual dos determinantes do PIB exercia maior influência sobre as emissões de CO₂ dentro do período. Para tanto, definiu-se as *próxis* que representariam os componentes do PIB. As variáveis escolhidas foram: a) C - Consumo final - famílias - R\$ (milhões) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema de Contas Nacionais Referência 2000 (IBGE/SCN 2000 Anual) - SCN_CFPPN; b) XM - Balança comercial - (FOB) - saldo - US\$ (milhões) - Banco Central do Brasil, Boletim, Seção Balanço de Pagamentos (BCB Boletim/BP) - BPN_SBC; c) G - Execução financeira - despesas - total - R\$ (milhões) - Ministério da Fazenda, Secretaria do Tesouro Nacional (Min. Fazenda/STN) - STN12_DESTN12; e d) Ip -Capital - formação bruta - R\$ (milhões) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema de Contas Nacionais Referência 2000 (IBGE/SCN 2000 Anual) - SCN_FBKN. A apresentação completa das variáveis se encontra no anexo B deste documento.

Com as variáveis acima mencionadas estimou-se um modelo de regressão utilizando a variável \ln_CO2 como variável a ser explicada pelo modelo. As variáveis foram tratadas através do *software* Gretl, trabalhando-se, portanto, com a versão logarítmica dos dados, com exceção da variável XM (exportação líquida) que foi utilizada em sua forma original. Propõe-se aplicar logaritmo nas variáveis para que com isso fosse possível obter a verdadeira elasticidade das variáveis.

Os dados referentes a exportação líquida foram usados em sua forma bruta, pois em alguns anos apresentavam valores negativos. Para a aplicação de log na variável, seria necessário a eliminação do sinal destes dados negativos para aí então, posteriormente, fazer a aplicação de logaritmo sobre a variável, o que acarretaria numa alteração muito grande da variável. O Plano Real, colocado em prática no governo do então presidente Fernando Henrique Cardoso, estipulou a cotação do dólar em um para um, ou seja, um dólar era o equivalente a um real. Isso ocasionou um aumento das importações e diminuição das exportações, levando o país a ter um saldo da balança comercial negativo. Por efeitos do

próprio Plano Real a balança comercial se torna negativa, o que dificulta a aplicação de logaritmo na variável.

3.3. A RELAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES DE CO₂ E AS VARIÁVEIS COMPONENTES DO PIB

Em um primeiro momento estimou-se um modelo contendo as emissões de CO₂ e as variáveis determinantes do PIB para os anos 1995 a 2010. Em tal modelo, no entanto, as variáveis que representam o consumo das famílias e a formação bruta de capital não se mostraram estatisticamente significante e foram, portanto, excluídas do modelo.

Estimou-se um modelo válido que relacionasse as emissões de CO₂ com a exportações líquidas e os gastos do governo. Os testes que validam o modelo encontram-se no apêndice C. O modelo encontrado através da análise das variáveis descritas acima é apresentado de forma resumida na figura abaixo.

Figura 3: Modelo de regressão linear ln_CO2 x XM; l_G (1995-2010).

Modelo 4: MQO, usando as observações 1995-2010 (T = 16)					
Variável dependente: l_CO2					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,915734	0,222823	-4,1097	0,00123	***
XM	-2,74361e-06	7,02503e-07	-3,9055	0,00181	***
l_G	0,124397	0,0182574	6,8135	0,00001	***
Média var. dependente	0,619019	D.P. var. dependente		0,064395	
Soma resíd. quadrados	0,012008	E.P. da regressão		0,030392	
R-quadrado	0,806953	R-quadrado ajustado		0,777254	
F(2, 13)	27,17060	P-valor(F)		0,000023	
Log da verossimilhança	34,85536	Critério de Akaike		-63,71073	
Critério de Schwarz	-61,39296	Critério Hannan-Quinn		-63,59204	
rô	-0,148650	Durbin-Watson		2,024346	

Fonte: Gretl.

Pelo modelo acima apresentado, é possível observar que a variável XM possui uma relação inversa com a variável n_CO2 e embora exerça influência sobre as emissões de CO₂, seu coeficiente é um valor ínfimo, próximo a zero, portanto de baixa relevância para a análise aqui estabelecida. Pode-se concluir através desse modelo que das variáveis que fazem parte da

composição do PIB, o gasto do governo é a variável que apresenta ter a maior relação com as emissões de CO₂.

Analisando o valor dos coeficientes estimados, percebe-se que o aumento de 1% na variável I_G , ou seja, um aumento de 1% nos gastos do governo, acarreta no aumento de 0,12% nas emissões de CO₂. Por outro lado, um aumento de 1% nas exportações líquidas possui uma relação inversa com as emissões de CO₂, tal aumento nas exportações líquidas levaria a uma diminuição das emissões de CO₂, porém a um valor quase imperceptível. O indicador R^2 do modelo é igual a 0,806953, o que implica que 80,69% da variância das emissões de CO₂ dentro do período podem ser explicadas pela variância das variáveis correspondentes às exportações líquidas e especialmente os gastos do governo.

Como é perceptível no Gráfico 1, a curva que representa as emissões de CO₂ sofre um grande descolamento da curva do PIB após o ano de 1995, até cerca de 2003. Esse período foi o de implantação e ajuste da economia perante o Plano Real do governo FHC. Através do modelo de regressão, estimou-se que a variável que possui maior impacto sobre o aumento das emissões de CO₂ foi a variável representante dos gastos do governo. Isso revela que a forma de atuação do governo na economia dentro daquele período teve também um grande impacto ambiental, além do impacto econômico.

A política de estabilização da economia através do Plano Real, apesar de capaz de estabilizar a grande inflação pela qual o país passava, gerou também como contrapartida um aumento das emissões de CO₂ como pôde ser visto. Encontrou-se um caminho para estabilização da economia, mas que juntamente com isso trouxe uma deterioração das questões ambientais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, por fim, serão apresentadas as conclusões resultantes das investigações realizadas a partir dos objetivos definidos para esta pesquisa. São também apresentadas algumas sugestões de trabalhos que possam ser desenvolvidos futuramente como forma de complementar o entendimento sobre o tema aqui abordado.

4.1. CONCLUSÃO

Constatou-se que a curva que representa o PIB *per capita* e a curva que representa as emissões de CO₂ *per capita* possuem um crescimento conjunto ao longo do período analisado. Analisando os fatores que pudessem exercer influência sobre as emissões de CO₂ no período aqui tratado, utilizou-se da técnica econométrica dos mínimos quadrados ordinários, o MQO, e estimou-se um modelo de regressão onde entre as variáveis determinantes do PIB e as emissões de CO₂ *per capita*. Percebeu-se que o gasto do governo é a variável que mais se mostra significativa dentro do modelo econométrico, portanto, entre as variáveis estudadas, o gasto do governo é a variável que apresenta maior influência sobre as determinações de emissões de CO₂, dentro do período analisado.

Como pode ser percebido no gráfico 1 do capítulo 3 (p. 32), no período de 1996 até o ano de 2003, as emissões de CO₂ se encontram num nível acima que o PIB *per capita*. O período em questão, na história do país, diz respeito ao período de governo de Fernando Henrique Cardoso e ao primeiro ano do governo de Luiz Inácio Lula da Silva. A situação é revertida de 2004 até 2010, final da série analisada, onde o PIB *per capita* cresceu acima do nível de emissões de CO₂. É possível notar então que o governo além de por em prática plano de estabilização da economia, foi também responsável por uma grande contrapartida ambiental, o aumento das emissões de CO₂.

Estes resultados são importantes, uma vez que mostram certo paradoxo. Nos anos 90, a economia passava por um período economicamente mais conturbado, onde, com a implantação do Plano Real, buscava-se estabilizar a pressão inflacionária presente, a qual assolava a economia brasileira. Neste período, a curva das emissões de CO₂ apresenta um elevado crescimento, causando um descolamento da curva em relação à curva do PIB *per capita*, com quem apresentava um andamento conjunto. Portanto, no período de estabilização das taxas de inflação da economia, as emissões de CO₂ e, portanto, os níveis de poluição, se

encontravam em um nível acima do nível de crescimento da economia. Em contrapartida, no momento posterior, quando a economia não estava submetida a medidas de controle inflacionário, a curva de emissões de CO₂ volta a estar abaixo da curva de PIB *per capita*.

Sabe-se que o governo FHC através da implantação do Plano Real foi capaz de estabilizar a inflação brasileira que há muitos anos apresentava um quase incontrolável comportamento. Contudo, neste período, como analisado, ocorreu também um grande crescimento das emissões de CO₂, mesmo com a economia não apresentando grandes taxas de crescimento. Logo, o governo FHC, embora economicamente bem-sucedida no que tange à estabilização das taxas de inflação, foi responsável também por um crescimento acima do normal das emissões de CO₂ na atmosfera, situação não tão facilmente reversível.

Além disso, é perceptível pelos dados que, a partir do ano 2003, ano do início do governo do presidente Lula, as emissões de CO₂ voltam a um crescimento normal que apresentavam anteriormente ao governo FHC. De mesmo modo, a partir do governo Lula, o PIB *per capita* volta a apresentar crescimento de maior amplitude, algo não visto durante o governo FHC. Com isso, percebe-se que o governo do presidente Lula além do PIB *per capita* crescer mais significativamente, as emissões de CO₂ voltaram a sua taxa de crescimento abaixo do PIB, ou seja, a curva de crescimento das emissões de CO₂ *per capita* voltou a ficar abaixo da curva de crescimento do PIB *per capita*.

Quem também expõe de forma preocupante a situação ambiental encontrada no Brasil é Montibeller Filho (2001). Em seu livro, O mito do desenvolvimento sustentável, o autor apresenta o conceito do Índice de Desenvolvimento Social e Ambiental (IDSA). O Índice de Desenvolvimento Social (IDS) é um índice que leva em consideração três fatores: a longevidade do ser humano, acesso ao conhecimento e o acesso a recursos que possibilitam um padrão de vida digno. O índice desconsidera, portanto, os fatores ambientais. Os resultados do IDS, segundo o autor, são comumente divulgados como se fossem o próprio IDH.

Montibeller Filho propõe então o IDSA, índice que levaria em conta também as questões de cunho ambiental em sua estatística, sendo que este índice seguiria a mesma metodologia adotada pelo IDS. O IDSA assumiria também um valor entre 0 e 1, onde quanto mais próximo de 1, melhor seria a situação socioeconômica e ambiental do país. Montibeller Filho encontra para o Brasil, para o ano de 1990, um IDSA igual a 0,35, muito aquém do esperado. O Brasil figurou em uma situação inferior a outros países que na época possuíam situação econômica

semelhante (renda *per capita*), como a Malásia, cujo IDSA foi igual a 0,48. Ou ainda a Venezuela, que mostrou um desenvolvimento muito maior ao registrar um IDSA igual a 0,60. Se para o ano de 1990 o Brasil apresentou resultados preocupantes, é possível imaginar que a situação junto ao IDSA tenha agravado no decorrer dos anos, em especial nos momentos entre 1996 e 2003, onde as emissões de CO₂ sofreram um grande crescimento se distanciando dos níveis de PIB *per capita*.

Retomando aos resultados encontrados por este trabalho, chegou-se a conclusão de que no período estudado, a variável que apresentou maior impacto sobre as emissões de CO₂ foi a variável que corresponde aos gastos do governo. Isso revela que a forma de atuação do governo no período foi o principal responsável pelo crescimento das emissões do gás. Logo, é preciso que seja buscado um mecanismo de atuação por parte do governo que seja capaz de atingir as metas macroeconômicas (crescimento do PIB, contenção da inflação, manutenção do nível de emprego e melhoria de indicadores sociais), sem que seja necessário a grande contrapartida ambiental, ou seja, sem colocar o país a uma situação desvantajosa em termos de uso de recursos ambientais e degradação da condição necessária para garantir nossa sobrevivência e reprodução no planeta.

4.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Seguem abaixo algumas sugestões de trabalhos que possam vir a ser elaborados tomando como base a mesma temática aqui tratada e que possam complementar os estudos aqui apresentados.

- Estimação de outro modelo de regressão que relacione as emissões de CO₂ com o PIB em outro período, utilização de diferentes *próxis* para as variáveis determinantes do PIB e também diferentes períodos;
- Estimar um modelo de regressão para outro país durante o mesmo período aqui tratado, de modo que seja possível fazer um comparativo entre os dois casos;
- Determinar quais os fatores que levaram ao grande crescimento das emissões de CO₂ no país durante a época de estabilização da inflação no governo FHC;

- Uso de outras metodologias para medição da relação entre o PIB e as emissões de CO₂ seja para o mesmo período aqui analisado, como para outros períodos distintos, tal como a estimação da curva de Kuznets Ambiental.

REFERÊNCIAS

- AMAZONAS, Maurício C. Valor ambiental de uma perspectiva heterodoxa institucional-ecológica. **Economia e Sociedade**. Campinas, v. 18, p. 183-212, 2009.
- ANDRADE, André L. C. CO₂ e Crescimento Econômico: Uma análise para as emissões dos combustíveis líquidos de origem fóssil no Brasil. In: **VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. 2009.
- ANDRADE, Daniel C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de economia política (UNICAMP)**, v. 14, p. 1-31, 2008.
- ARRAES, Ronaldo A.; DINIZ, Marcelo B.; DINIZ, Márcia J. T., Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **RER**, Rio de Janeiro, vol. 44, nº 03, p. 525-547, jul/set 2006.
- AVILA, Ednilson S. **Evidências sobre curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões**. Orientado por: Eliezer Martins Diniz. Ribeirão Preto, 2011. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Programa de pós graduação em economia, Departamento de economia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.
- BARBOSA, Vanessa. Quase 60% da água subterrânea na China está poluída. **Revista Exame**. 23 abr 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/mais-de-metade-da-agua-subterranea-na-china-esta-poluida>>. Acessado em: 20/05/2014.
- BIAGE, Milton. Relação entre crescimento econômico e impactos ambientais - uma análise da curva ambiental de Kuznets. **Revista Economia Ensaios**. Uberlândia, p. 7-42, 2012.
- BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia: teoria e política econômica**. Tradução de Ricardo Inojosa. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- CARVALHO, Terciane S.; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets Ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. In: Encontro Nacional de Economia da ANPEC, 2008, Salvador. **Anais do XXXVI Encontro Nacional de Economia da ANPEC**. Salvador, 2008.
- COSTA, Daniele M. B. da. **A valoração econômica como ferramenta para compensação de derramamentos de petróleo**. Orientado por: Roberto Schaeffer e André Frossard Pereira da Lucena. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Estratégico) - Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- CUNHA, Cleyzer. A.; SCALCO, Paulo. R. CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO E EMISSÃO DE CO₂. **Redes (Santa Cruz do Sul. Online)**, v.18, p. 2014, 2013.
- DEDRIES, R.; PAGIOLA, S. Analytical approaches for assessing ecosystem condition and human well-being. In: HASSAN, R.; SHOLES, R.; ASH, N. (Ed.). **Ecosystems and Human Well-being**. 2005. p. 37-71.

FEBRABAN. **Inflação nas décadas de 80 e 90 e os planos de estabilização**. Planos Econômicos, 2008. Disponível em: <http://www.febraban.org.br/Acervo1.asp?id_texto=418&id_pagina=231&palavra=>. Acessado em: 04/11/2014/

FILHO, Dalson F. et al. O que fazer e o que não fazer com a regressão: pressupostos e aplicações do modelo linear de mínimos quadrados ordinários (MQO). **Política Hoje**. V. 20, p. 44-99, 2011.

FONSECA, Larissa N.; RIBEIRO, Eduardo P. Preservação ambiental e crescimento econômico no Brasil. In: XXXII Encontro Nacional de Economia, 2004, João Pessoa. **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia**. João Pessoa: 2004.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, **National Bureau of Economic Research Working Paper 3914**, NBER, Cambridge, MA, 1991.

FREEMAN, A. M. The measurement of environmental and resource values: theory and methods. 2. ed. Estados Unidos da América: **Resources for the future**, 2003. 491p.

HERVIEUX, Marie S.; DARNÉ, Olivier. **Production and consumption-based approaches for the Environmental Kuznets Curve in Latin America using Ecological Footprint**.

HARBAUGH, W.; LEVINSON, A.; WILSON D. Reexamining the empirical evidence for an environmental Kuznets curve. **National Bureau of Economic Research**. N. 7711, 2000.

HILGEMBERG, Emerson M.; GUILHOTO, Joaquim J. M.; HILGEMBERG, Cleise M. A. T. Uso de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil: Um modelo inter-regional de insumo-produto. In: XXXIII Encontro Nacional de Economia. 2005, Natal. **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia**. Natal: 2005.

LOYOLA, Roger G. A economia ambiental e a economia ecológica: Uma discussão teórica. In: II Encontro Nacional da Ecoeco. 1997, São Paulo. **Anais do II Encontro Nacional da Ecoeco**. São Paulo: 1997.

LUCENA, André F. P. Estimativa de uma curva de Kuznets ambiental aplicada ao consumo de energia e às emissões de carbono do Brasil. VI Encontro Nacional da Ecoeco. 2005, Brasília. **Anais do VI Encontro Nacional da Ecoeco**. Brasília: 2005.

MACEDO, Neusa Dias de. **Iniciação à pesquisa bibliográfica**: guia do estudante para a fundamentação do trabalho de pesquisa. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 1994. 59 p.

MACHADO, Marcelo G., KLEIN, Maria L., OLIVEIRA, Anderson L. Sustentabilidade, economia neoclássica e economia ecológica. III Congresso de ciências sociais aplicadas. 2010. Disponível em: <http://anais.unicentro.br/concisa/iiiconcisa/pdf/resumo_139.pdf>. Acessado em: 19/08/2014.

MARQUES, João F.; COMUNE, Antonio E. Quanto vale o ambiente: interpretações sobre o valor econômico ambiental. In: XXIII Encontro Nacional de Economia. 1995, Salvador. **Anais do XXIII Encontro Nacional de Economia**. Salvador: 1995.

MAY, Peter H. Economia ecológica e o desenvolvimento equitativo no Brasil. In: MAY, Peter H. (org). **Economia Ecológica: aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. Cap 1, p. 1-20.

MOLION, Luiz C. B. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. **Informe Agropecuário (Belo Horizonte)**, v. 29, p. 7-18, 2008.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. Crescimento econômico e sustentabilidade. **Sociedade & Natureza**, v. 19, p. 81-89, 2007.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. **O mito do desenvolvimento sustentável: Meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. 306p.

MOTA, J. et al. A valoração da biodiversidade: conceitos e concepções metodológicas. In: MAY, P; LUSTOSA, M.; VINHA, V. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. p. 265-288.

MUSU, Ignazio. Green Economy: great expectation or big illusion? **Rivista italiana degli economisti: the journal of the Italian Economic Association**, v. 15, p. 21-32, 2010.

PEARCE, D.; MORAN, D. **O valor económico da biodiversidade**. Lisboa: Instituto Piaget, 1994. 225p.

PEIXOTO, M. Pagamento por serviços ambientais: aspectos teóricos e proposições legislativas. **Textos para Discussão 105. Núcleo de pesquisas e estudos do Senado**. Brasília: SENADO, nov. 2011. 31p.

ROMEIRO, Ademar R. Economia Ou Economia Política da Sustentabilidade. In: MAY, P; LUSTOSA, M.; VINHA, V. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003, p. 1-29

SALVATO, Márcio A., et al. Crescimento e desigualdade: Evidências da curva de Kuznets para os municípios de Minas Gerais – 1991/2000. **E & G. Economia e Gestão**, v. 6, p. 1, 2006.

SANTOS, Jamilse F.; FERNANDES, Elaine A.; COELHO, Alexandre B. Crescimento econômico e emissão de co2 por combustíveis fósseis: uma análise da hipótese da curva de kuznets ambiental. **Análise Econômica (UFRGS)**, v. 30, n. 57, 2012.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. . 1ª. ed. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 1998. v. 1. 254p. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/manual_20serroa_20motta.pdf>. Acessado em: 20/10/2014.

SELDEN, T. M.; SONG, D. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. **Journal of Environmental Economics**

and Management. V. 27, p. 147-162, 1994.

STERN, David I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. **World Development.** V. 24, n. 8, p. 1419-1439, 2004.

SURI, Vivek; CHAPMAN, Duane. Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics.** V. 25, p. 195-208, 1998.

TAQUES, Fernando H.; MAZZUTTI, Caio de T. Curva de Kuznets: Mensuração do Impacto do Crescimento Econômico sobre a Desigualdade de Renda para os Estados Brasileiros (1995-2005). In: Encontro Regional de Economia do Nordeste. 2009, Fortaleza. **XIV Encontro Regional de Economia do Nordeste.** Fortaleza: 2009.

TÔSTO, S. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; PEREIRA, L. C. Valorando a natureza: economia ambiental ou economia ecológica?. **EcoDebate Cidadania & Meio Ambiente**, 16 nov. 2011.

APÊNDICE A

Modelo \ln_CO_2 x $\ln_PIB_per_capita$ 1982-2010

Modelo 1: MQO, usando as observações 1982-2010 (T = 29)

Variável dependente: \ln_CO_2

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-3,66332	0,294413	-12,4428	<0,00001	***
$\ln_PIB_per_capi$	0,474873	0,0336134	14,1275	<0,00001	***
Média var. dependente	0,493588	D.P. var. dependente		0,153706	
Soma resíd. quadrados	0,078827	E.P. da regressão		0,054032	
R-quadrado	0,880840	R-quadrado ajustado		0,876427	
F(1, 27)	199,5863	P-valor(F)		5,44e-14	
Log da verossimilhança	44,51390	Critério de Akaike		-85,02780	
Critério de Schwarz	-82,29320	Critério Hannan-Quinn		-84,17136	
\hat{r}^2	0,749001	Durbin-Watson		0,478199	

Teste de não-linearidade (quadrados) -

Hipótese nula: a relação é linear

Estatística de teste: LM = 3,66276

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(1) > 3,66276) = 0,0556413$

Teste RESET para especificação (apenas quadrados) -

Hipótese nula: a especificação é adequada

Estatística de teste: F(1, 26) = 3,75857

com p-valor = $P(F(1, 26) > 3,75857) = 0,0634647$

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 3,76683

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 3,76683) = 0,15207$

Teste da normalidade dos resíduos -

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 3,90665

com p-valor = 0,141802

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1996 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: F(2, 25) = 24,5233

com p-valor = $P(F(2, 25) > 24,5233) = 1,27477e-006$

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1994 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: F(2, 25) = 11,3897

com p-valor = $P(F(2, 25) > 11,3897) = 0,000304603$

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1993 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: $F(2, 25) = 5,67895$

com p-valor = $P(F(2, 25) > 5,67895) = 0,0092633$

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1991 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: $F(2, 25) = 1,43913$

com p-valor = $P(F(2, 25) > 1,43913) = 0,256112$

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 1992 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: $F(2, 25) = 2,72816$

com p-valor = $P(F(2, 25) > 2,72816) = 0,0847779$

Teste LM para autocorrelação até a ordem 14 -

Hipótese nula: sem autocorrelação

Estatística de teste: $LMF = 2,81667$

com p-valor = $P(F(14,13) > 2,81667) = 0,0351435$

Para intervalos de confiança de 95%, $t(27, 0,025) = 2,052$

Obs.	ln_CO2	previsão	erro padrão	intervalo a 95%
1982	0,300205	0,256866	0,057454	0,138980 - 0,374751
1983	0,244755	0,247972	0,057641	0,129704 - 0,366241
1984	0,235670	0,279350	0,057010	0,162375 - 0,396325
1985	0,285577	0,319846	0,056315	0,204296 - 0,435395
1986	0,358077	0,357173	0,055798	0,242685 - 0,471661
1987	0,381088	0,378407	0,055558	0,264412 - 0,492401
1988	0,371121	0,385286	0,055488	0,271433 - 0,499138
1989	0,375123	0,409628	0,055277	0,296209 - 0,523046
1990	0,333505	0,398234	0,055369	0,284626 - 0,511842
1991	0,365690	0,413373	0,055249	0,300013 - 0,526734
1992	0,356002	0,413509	0,055248	0,300150 - 0,526868
1993	0,384969	0,438132	0,055096	0,325085 - 0,551180
1994	0,417951	0,409246	0,055279	0,295822 - 0,522671
1995	0,467383	0,489343	0,054957	0,376581 - 0,602106
1996	0,549471	0,500517	0,054958	0,387752 - 0,613282
1997	0,588058	0,518101	0,054984	0,405284 - 0,630918
1998	0,611239	0,517719	0,054983	0,404904 - 0,630534

1999	0,621330	0,518814	0,054985	0,405994 - 0,631634
2000	0,631011	0,542173	0,055064	0,429192 - 0,655154
2001	0,645399	0,552394	0,055114	0,439310 - 0,665477
2002	0,616355	0,566059	0,055195	0,452808 - 0,679310
2003	0,570727	0,575205	0,055259	0,461823 - 0,688587
2004	0,607539	0,608937	0,055559	0,494939 - 0,722935
2005	0,623703	0,633773	0,055845	0,519189 - 0,748357
2006	0,614093	0,662265	0,056238	0,546874 - 0,777656
2007	0,647980	0,699308	0,056853	0,582656 - 0,815960
2008	0,703894	0,729283	0,057433	0,611440 - 0,847125
2009	0,640533	0,729727	0,057442	0,611867 - 0,847588
2010	0,765593	0,763402	0,058180	0,644027 - 0,882778

Estatísticas de avaliação da previsão

Erro Médio	-2,1822e-016
Erro Quadrado Médio	0,0027182
Erro Unitário Médio Quadrado	0,052136
Erro Absoluto Médio	0,041718
Erro Percentual Médio	-1,4098
Erro Percentual Médio Absoluto	8,7902
U de Theil	1,0253
Proporção do viés, UM	0
Proporção da regressão, UR	0
Proporção do distúrbio, UD	1

APÊNDICE B

Modelo \ln_CO_2 x $\ln_PIB_per_capita$ 1995-2010

Modelo 1: MQO, usando as observações 1995-2010 (T = 16)

Variável dependente: \ln_CO_2

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,64852	0,529262	-3,1148	0,00761	***
$\ln_PIB_per_capi$	0,252546	0,0589335	4,2853	0,00075	***
Média var. dependente	0,619019	D.P. var. dependente		0,064395	
Soma resíd. quadrados	0,026907	E.P. da regressão		0,043840	
R-quadrado	0,567415	R-quadrado ajustado		0,536516	
F(1, 14)	18,36355	P-valor(F)		0,000755	
Log da verossimilhança	28,40058	Critério de Akaike		-52,80117	
Critério de Schwarz	-51,25599	Critério Hannan-Quinn		-52,72204	
rô	0,259680	Durbin-Watson		1,098176	

Teste de não-linearidade (quadrados) -

Hipótese nula: a relação é linear

Estatística de teste: LM = 0,0804346

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(1) > 0,0804346) = 0,776709$

Teste RESET para especificação (apenas quadrados) -

Hipótese nula: a especificação é adequada

Estatística de teste: F(1, 13) = 0,0656833

com p-valor = $P(F(1, 13) > 0,0656833) = 0,80174$

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 5,16887

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 5,16887) = 0,0754385$

Teste da normalidade dos resíduos -

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 0,650645

com p-valor = 0,722294

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 2002 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: F(2, 12) = 6,12761

com p-valor = $P(F(2, 12) > 6,12761) = 0,0146641$

Teste LM para autocorrelação até a ordem 8 -

Hipótese nula: sem autocorrelação

Estatística de teste: LMF = 0,391759

com p-valor = $P(F(8,6) > 0,391759) = 0,889914$

Para intervalos de confiança de 95%, $t(14, 0,025) = 2,145$

Obs.	ln_CO2	previsão	erro padrão	intervalo a 95%
1995	0,467383	0,559937	0,047246	0,458605 - 0,661269
1996	0,549471	0,565879	0,046860	0,465375 - 0,666383
1997	0,588058	0,575231	0,046330	0,475863 - 0,674599
1998	0,611239	0,575028	0,046341	0,475637 - 0,674418
1999	0,621330	0,575610	0,046311	0,476283 - 0,674936
2000	0,631011	0,588033	0,045764	0,489878 - 0,686187
2001	0,645399	0,593468	0,045581	0,495707 - 0,691229
2002	0,616355	0,600735	0,045390	0,503383 - 0,698088
2003	0,570727	0,605599	0,045298	0,508446 - 0,702753
2004	0,607539	0,623539	0,045202	0,526591 - 0,720486
2005	0,623703	0,636747	0,045378	0,539420 - 0,734073
2006	0,614093	0,651900	0,045836	0,553591 - 0,750208
2007	0,647980	0,671600	0,046825	0,571169 - 0,772030
2008	0,703894	0,687541	0,047935	0,584731 - 0,790351
2009	0,640533	0,687777	0,047953	0,584928 - 0,790627
2010	0,765593	0,705686	0,049508	0,599501 - 0,811871

Estatísticas de avaliação da previsão

Erro Médio	-2,0123e-016
Erro Quadrado Médio	0,0016817
Erro Unitário Médio Quadrado	0,041009
Erro Absoluto Médio	0,035194
Erro Percentual Médio	-0,48733
Erro Percentual Médio Absoluto	5,8628
U de Theil	0,65921
Proporção do viés, UM	0
Proporção da regressão, UR	0
Proporção do distúrbio, UD	1

APÊNDICE C

Modelo \ln_CO_2 x XM ; l_G 1995-2010

Modelo 4: MQO, usando as observações 1995-2010 (T = 16)

Variável dependente: l_CO2

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,915734	0,222823	-4,1097	0,00123	***
XM	-2,74361e-06	7,02503e-07	-3,9055	0,00181	***
l_G	0,124397	0,0182574	6,8135	0,00001	***
Média var. dependente	0,619019	D.P. var. dependente		0,064395	
Soma resíd. quadrados	0,012008	E.P. da regressão		0,030392	
R-quadrado	0,806953	R-quadrado ajustado		0,777254	
F(2, 13)	27,17060	P-valor(F)		0,000023	
Log da verossimilhança	34,85536	Critério de Akaike		-63,71073	
Critério de Schwarz	-61,39296	Critério Hannan-Quinn		-63,59204	
rô	-0,148650	Durbin-Watson		2,024346	

Teste de não-linearidade (quadrados) -

Hipótese nula: a relação é linear

Estatística de teste: LM = 5,35569

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 5,35569) = 0,0687112$

Teste RESET para especificação (apenas quadrados) -

Hipótese nula: a especificação é adequada

Estatística de teste: F(1, 12) = 0,338964

com p-valor = $P(F(1, 12) > 0,338964) = 0,571204$

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 5,38753

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(5) > 5,38753) = 0,370436$

Teste da normalidade dos resíduos -

Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal

Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 5,1861

com p-valor = 0,0747917

Teste de Chow para a falha estrutural na observação 2002 -

Hipótese nula: sem falha estrutural

Estatística de teste: F(3, 10) = 1,68671

com p-valor = $P(F(3, 10) > 1,68671) = 0,232352$

Teste LM para autocorrelação até a ordem 8 -

Hipótese nula: sem autocorrelação

Estatística de teste: LMF = 0,943155

com p-valor = $P(F(8,5) > 0,943155) = 0,552954$

Fatores de Inflacionamento da Variância (VIF)

Valor mínimo possível = 1,0

Valores > 10,0 podem indicar um problema de colinearidade

XM 2,955
l_G 2,955

$VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2)$, onde $R(j)$ é o coeficiente de correlação múltipla entre a variável j e a outra variável independente

Propriedades da matriz $X'X$:

Norma-1 = 9,4847221e+009

Determinante = 2,4524791e+011

Número de condição recíproca = 1,8130184e-012

Para intervalos de confiança de 95%, $t(13, 0,025) = 2,160$

Obs.	l_CO2	previsão	erro padrão	intervalo a 95%
1995	0,467383	0,513195	0,034554	0,438545 - 0,587844
1996	0,549471	0,539351	0,033508	0,466961 - 0,611740
1997	0,588058	0,559372	0,033020	0,488037 - 0,630706
1998	0,611239	0,583526	0,032656	0,512977 - 0,654076
1999	0,621330	0,621052	0,032235	0,551413 - 0,690691
2000	0,631011	0,633641	0,032412	0,563619 - 0,703662
2001	0,645399	0,638905	0,032189	0,569365 - 0,708445
2002	0,616355	0,631944	0,031432	0,564039 - 0,699848
2003	0,570727	0,610380	0,031670	0,541960 - 0,678800
2004	0,607539	0,601864	0,032647	0,531335 - 0,672393
2005	0,623703	0,595044	0,034533	0,520441 - 0,669647
2006	0,614093	0,609569	0,034387	0,535280 - 0,683858
2007	0,647980	0,638657	0,032889	0,567606 - 0,709708
2008	0,703894	0,687042	0,032659	0,616487 - 0,757597
2009	0,640533	0,705321	0,033449	0,633060 - 0,777583
2010	0,765593	0,735448	0,035379	0,659016 - 0,811879

Estatísticas de avaliação da previsão

Erro Médio	-9,3675e-017
Erro Quadrado Médio	0,00075048
Erro Unitário Médio Quadrado	0,027395
Erro Absoluto Médio	0,021059
Erro Percentual Médio	-0,21681
Erro Percentual Médio Absoluto	3,5094
U de Theil	0,47435
Proporção do viés, UM	0
Proporção da regressão, UR	0
Proporção do distúrbio, UD	1

ANEXO A

DADOS PIB PER CAPITA E CO₂ PER CAPITA

Data	PIB per capita	CO2	ln_PIB per capita	ln_CO2
1982	3847,694355	1,350135926	8,255229379	0,300205273
1983	3776,307005	1,277308691	8,236501828	0,244755279
1984	4034,254968	1,265756331	8,302576921	0,235669834
1985	4393,381625	1,330529733	8,387854511	0,285577158
1986	4752,655032	1,430575145	8,466458695	0,358076563
1987	4969,992806	1,463875808	8,511173672	0,381087581
1988	5042,510731	1,449358932	8,525659398	0,371121343
1989	5307,72915	1,455170019	8,576919367	0,375122745
1990	5181,898701	1,395852347	8,552926813	0,33350523
1991	5349,762297	1,441508396	8,584807408	0,365690063
1992	5351,289852	1,427610644	8,585092905	0,356002169
1993	5636,089629	1,469568683	8,636945776	0,384968945
1994	5303,47169	1,518845849	8,576116921	0,417950736
1995	6277,87371	1,595813094	8,744786621	0,467383383
1996	6427,345482	1,732335845	8,768316899	0,549470697
1997	6669,807167	1,800488226	8,805346228	0,588057865
1998	6664,445021	1,842713927	8,804541961	0,611239445
1999	6679,827086	1,861402685	8,806847381	0,621330335
2000	7016,620548	1,879510648	8,856036978	0,63101145
2001	7169,27457	1,906747447	8,877559753	0,645398883
2002	7378,578984	1,852165065	8,906336349	0,61635526
2003	7522,066874	1,769553491	8,925596229	0,57072725
2004	8075,82427	1,835908496	8,99663022	0,607539452
2005	8509,430265	1,865823683	9,048930271	0,623702609
2006	9035,617226	1,847979036	9,108929516	0,614092629
2007	9768,676773	1,911676126	9,186936298	0,64798041
2008	10405,1609	2,021610272	9,250057202	0,703894358
2009	10414,91271	1,89749147	9,250993972	0,640532735
2010	11180,29117	2,150268044	9,32190779	0,765592506

ANEXO B

DADOS *PROXIS* PIB

Data	C	XM	G	Ip
1995	440.711,8853	-3.465,6150	90.256,0000	127.208,58
1996	545.735,2380	-5.599,0410	106.257,0000	143.812,00
1997	609.293,5027	-6.752,8870	121.674,9860	163.657,83
1998	629.994,4674	-6.574,5020	148.333,4018	166.754,56
1999	689.376,0758	-1.198,8680	225.807,0876	174.411,98
2000	758.941,0000	-697,7475	252.631,8004	215.257,00
2001	826.468,0000	2.650,4670	283.751,1167	234.754,00
2002	912.058,0000	13.121,2970	338.009,5473	239.351,00
2003	1.052.759,0000	24.793,9241	367.664,9740	268.095,00
2004	1.160.611,0000	33.640,5407	417.310,0449	332.333,00
2005	1.294.230,0000	44.702,8783	504.208,4252	347.976,00
2006	1.428.906,0000	46.456,6287	589.002,4797	397.027,00
2007	1.594.067,0000	40.031,6266	645.843,4911	487.761,00
2008	1.786.840,0000	24.835,7524	681.545,4256	627.497,00
2009	1.979.751,0000	25.289,8057	797.371,8663	577.846,00
2010	2.248.623,9240	20.146,8579	906.934,8303	763.012,30